



Análisis de gestos deportivos de saque con salto en voleibol usando videometría

Analysis of Sports Gestures of Volleyball Jump Service Using Videometry

Análise de gestos desportivos do serviço de salto de voleibol utilizando videometria

Karen-Daniela Guzmán-Vargas¹

Marco-Javier Suarez-Barón²

Yolanda Torres-Pérez³

Juan-Sebastián González-Sanabria⁴

Recibido: julio de 2021

Aceptado: noviembre de 2021

Para citar este artículo: Guzmán-Vargas, K. D., Suarez-Barón, M. J., Torres-Pérez, Y. y González-Sanabria, J. S. (2021). Análisis de gestos deportivos de saque con salto en voleibol usando videometría. *Revista Científica*, 43(1), 20-37. <https://doi.org/10.14483/23448350.18329>

Resumen

En el juego del voleibol, la técnica para ejecutar el gesto de saque es fundamental para poder dar un adecuado golpe al balón y así realizar puntos en contra del equipo contrario. Sin embargo, este gesto no siempre se realiza de forma eficiente biomecánicamente hablando, lo que genera malos golpes al balón y desventaja en el juego. Por lo anterior se estudió y evaluó la biocinemática del gesto técnico-deportivo de algunos jugadores (expertos en saque con salto) del equipo de voleibol de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Boyacá, Colombia), mediante la técnica de

videometría, con el objetivo de determinar (cualitativa y cuantitativamente) trayectorias, velocidades, aceleraciones y ángulos articulares de articulaciones como muñeca, codo, hombro, cadera, rodilla y tobillo de los deportistas al ejecutar los gestos de saque con salto, con lo cual se diseñaron e implementaron intervenciones correctivas del movimiento de los deportistas en el gesto de saque con salto para generar un golpe más eficiente y ergonómico durante el saque.

Palabras clave: biocinemática; biomecánica deportiva; gesto deportivo; modelo predictivo; videometría; voleibol.

1. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. Contacto: karen.guzman@uptc.edu.co.
2. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. Contacto: marco.suarez@uptc.edu.co.
3. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. Contacto: yolanda.torres01@uptc.edu.co.
4. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. Contacto: juansebastian.gonzalez@uptc.edu.co.

Abstract

In the game of volleyball, the technique to execute the serve gesture is essential to be able to hit the ball properly and thus score points against the opposing team. However, this gesture is not always carried out in an efficient biomechanical way, which generates bad shots to the ball and a disadvantage in the game. Therefore, the biokinematics of the technical-sports gesture of some players (experts in jump serve) of the volleyball team of the Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Boyacá - Colombia), was studied and evaluated, using the videometry technique, with the objective of determining (qualitatively and quantitatively) trajectories, speeds, accelerations, and joint angles of joints such as: wrist, elbow, shoulder, hip, knee and ankle of the athletes executing the jump serve gestures, with which they were designed and implemented corrective interventions of the athletes' movement in the jump serve gesture to generate a more efficient and ergonomic stroke during the serve.

Keywords: biokinematics; predictive modeling; sport gesture; sports biomechanics; videometry; volleyball.

Resumo

No jogo de voleibol, a técnica para executar o gesto de saque é essencial para conseguir acertar a bola de forma adequada e assim marcar pontos contra a equipe adversária. Porém, esse gesto nem sempre é realizado de forma biomecanicamente eficiente, o que gera chutes ruins na bola e uma desvantagem no jogo. Para tanto, estudou-se e avaliou-se a biocinémática do gesto técnico-esportivo de alguns jogadores (experientes em serviço de salto) da equipe de voleibol da Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Boyacá - Colombia), utilizando a técnica de videometria, com o objetivo de determinar (qualitativa e quantitativamente) trajetórias, velocidades, acelerações e ângulos articulares de articulações, como: punho, cotovelo, ombro, quadril, joelho e tornozelo dos atletas que executam os gestos de salto de saque, com os quais foram concebidos e implementados intervenções corretivas de o movimento dos atletas no salto do saque gesticula para gerar uma pancada mais eficiente e ergonômica durante o saque.

Palavras-chaves: biocinémática; biomecânica do esporte; gesto esportivo; modelagem preditiva; videometria; voleibol.

Introducción

En todo deporte dinámico, como el voleibol, en el que las jugadas se ejecutan de forma consecutiva y a altas velocidades, es importante contar con herramientas tecnológicas que permitan generar reportes cualitativos y cuantitativos para analizar las jugadas y la eficacia de las técnicas de los jugadores. En este contexto, para el análisis de movimientos de gestos deportivos a través del uso de estudios biomecánicos y de la analítica de datos, es necesario la aplicación simultánea de métodos de captura de datos a partir de fuentes audiovisuales como fotos y videos ([Amadio et al., 1999](#)).

Para efectos de esta investigación se realizó la gestión de captura del movimiento de jugadores del equipo de voleibol de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC, en las instalaciones del Coliseo Deportivo de la ciudad de Duitama, mediante grabaciones con cámaras de video profesionales de la ejecución del saque con salto en un grupo de jugadores de voleibol (de los equipos femenino y masculino) para obtener los valores de variables cinemáticas de interés durante la ejecución del gesto deportivo.

Si bien existen tecnologías más modernas para el análisis de biomecánica deportiva, tales como OptiTrack, BTS o *Beacon*, las limitaciones que se presentan en el presente estudio a nivel de infraestructura y costos impiden su utilización. A pesar de que el laboratorio de la UPTC cuenta con software de tecnología OptiTrack, debido a las restricciones de bioseguridad a causa de la pandemia por Covid-19 no se pudo tener acceso a las instalaciones. Debido a esto se optó por utilizar el software Kinovea, el cual “es un programa gratuito de edición de videos diseñado para analizar las imágenes y estudiar videos deportivos con el fin de encontrar fallas, mejorar la técnica y ayudar a entrenarse” ([Runco y Lanzarini, 2017, p. 127](#)).

Vale destacar que Kinovea no se utiliza únicamente al momento de disputar un partido, sino que adicionalmente es empleado en los entrenamientos como una herramienta de utilidad para

mejorar el rendimiento deportivo de los atletas, tanto desde la perspectiva técnica como táctica. Actualmente:

la adquisición de datos es un proceso casi automático. Sin embargo, la tarea no es cómo recopilar los datos, sino qué datos deben recopilarse y cómo utilizarlos de la mejor manera posible. Las organizaciones deportivas capaces de encontrar las formas adecuadas de dar sentido a los datos y convertirlos en conocimiento práctico, tienen el potencial de asegurar una ventaja competitiva frente a sus pares. ([Runco y Lanzarini, 2017, p. 123](#))

Por este motivo expuesto previamente, se propone utilizar la herramienta de software Kinovea, esto aunado a que existen antecedentes de investigaciones deportivas basadas en la utilización de Kinovea, las cuales evidencian su versatilidad, utilidad y validez para este tipo de estudios, tales como el trabajo investigativo desarrollado por [Santafé, Muñoz y Mendoza \(2016\)](#), quienes realizaron el seguimiento del movimiento y los análisis estáticos del movimiento usando el software Kinovea, demostrando que el software permite realizar análisis biomecánico en movimiento de barras paralelas en gimnasia olímpica. Por su parte, [Bermejo y Palao \(2012\)](#) plantearon que los softwares de análisis del movimiento como Kinovea:

permiten estudiar la técnica deportiva a nivel cualitativo y cuantitativo. El análisis cualitativo describe el movimiento sin la ayuda de valores numéricos. Este tipo de análisis describe el movimiento a partir de si se cumplen una serie de criterios de ejecución del movimiento (ej. extensión completa de la pierna de batida). El análisis cuantitativo describe el movimiento con la ayuda de valores numéricos. Este tipo de análisis aporta un valor específico y concreta sobre un aspecto de la ejecución del deportista (ej. velocidad de entrada a la batida). Ambos tipos de análisis tienen ventajas e inconvenientes, por ello lo ideal es combinar ambos métodos al analizar a los atletas.

Asimismo, [Quilachamin, Torres y Coral \(2021\)](#) en su estudio buscaron comparar las diferencias biomecánicas entre jugadores profesionales y amateurs en el tiro libre, para determinar los movimientos que permiten tener mayor efectividad en el elemento técnico por medio del software Kinovea.

En el caso del voleibol, cuando se trabaja en la técnica de ejecución de los jugadores, se busca llevar a cabo un gesto de la forma más eficaz posible, teniendo en cuenta la relación del entorno con el deportista. Sin embargo, en algunas ocasiones la técnica no es ejecutada correctamente, especialmente por los deportistas amateur ([Rodríguez Rodríguez y Monroy Antón, 2013](#)), por lo que es necesario trabajar en su mejoramiento a través del análisis de su movimiento y el diseño de entrenamientos específicos que logren una adecuada ejecución en competencia.

Por ejemplo, [Palao y Hernández \(2012\)](#) evidenciaron que en la mayoría de los equipos de voleibol el registro de fallas y el diagnóstico de las falencias en la ejecución del gesto deportivo los realizan el primer y el segundo entrenadores del equipo y son pocos los equipos que poseen una persona especializada (deportólogo) en el diagnóstico de fallas biomecánicas en la ejecución de gestos (movimientos) del equipo (15 %).

Para valorar la eficacia de los gestos deportivos en los jugadores, los entrenadores utilizan adaptaciones basadas en formatos ajustados a las necesidades de cada entrenador de la escala de la Federación Internacional de Voleibol (FIVB); en todos los gestos técnicos y para valorar las fases de juego, se utiliza el rendimiento en la jugada ([Palao y Hernández, 2012](#)), el cual consiste en evaluar la eficacia y la técnica que tiene el jugador para golpear el balón.

Asimismo, se tiene que una de las características que presenta el voleibol es la exposición permanente a situaciones cambiantes con una gran presión temporal, debido a que la ejecución de las jugadas se realiza de forma rápida y dinámica. Es decir, una sucesión continua de problemas

(respuesta a rápidas jugadas de ataque del equipo contrario) de distinta índole que obligan a los participantes en el juego a generar respuestas de adaptación variable en milésimas de segundo (Ureña, s.f.).

Por otro lado, se han medido parámetros cinemáticos como tiempo de vuelo, velocidad de impulso vertical, velocidad de salida del balón y rango de movimientos en el brazo ejecutor, entre otros, con valores cercanos a los publicados por otros autores. Dicho estudio permitió definir un protocolo y un modelo de informe como herramientas para el entrenamiento personalizado en función de las deficiencias observadas y así prevenir posibles lesiones a mediano y largo plazo ([Garrido et al., 2017](#)).

Todo estudio biomecánico deportivo depende de la determinación de las variables cualitativas y cuantitativas que permitan medir y evaluar el desempeño de los jugadores en la ejecución de gestos deportivos y de la técnica aplicada. De esa forma, las técnicas de medición de variables biofísicas como movimientos angulares articulares, trayectorias de ciertos puntos anatómicos y rangos de movimiento articular, entre otras, son esenciales para el estudio de la biomecánica deportiva ([Amadio et al., 1999](#); [Stuart, 2012](#)). De lo anterior surge la necesidad de contar con herramientas de predicción de información capaces de detectar y medir las fallas en la ejecución de la técnica aplicada por los jugadores de voleibol en diferentes niveles competitivos, destacando que dichas fallas derivan de los errores cometidos durante la ejecución de los gestos deportivos como el saque con salto.

En ese contexto, este artículo tiene por objetivo aplicar técnicas de análisis biocinemático en gestos deportivos durante el saque con salto en jugadores de voleibol, usando la técnica de videometría. El artículo se desglosa en las siguientes secciones: en primer lugar, se presentan los antecedentes, donde se cita un conjunto de investigaciones previas que han abordado el tema de la videometría para el análisis de jugadores de voleibol, seguidamente se presenta la sección de

materiales y métodos, donde se exponen aspectos como población y muestra de estudio, así como el procedimiento desarrollado para el logro de los objetivos propuestos. Posteriormente se presentan los resultados y una discusión, indicando los principales hallazgos obtenidos en cada fase del estudio, y finalmente se describen las principales conclusiones de la investigación.

En una investigación realizada por la Universidad Santo Tomás se aplicó un análisis a nivel general, señalando que son numerosos los criterios que pueden determinarse desde la biomecánica para llevar a cabo análisis observacionales de gestos deportivos en distintas disciplinas, destacando que un factor común en todos ellos es la medición de los rangos de movilidad articular de los deportistas observados en cada una de las fotografías del gesto deportivo que es objeto de análisis ([Estrada, 2018](#)). Por otro lado, estudios señalan que la biomecánica puede contribuir a lograr una alta efectividad de los gestos deportivos que involucran comportamientos corporales más conscientes ([Texeira y Mota, 2007](#)).

A través de la biomecánica y la analítica de datos se puede, por tanto, analizar las causas y los fenómenos vinculados al movimiento deportivo; para de allí obtener una mejor comprensión de la complejidad del movimiento humano y explicar sus causas, considerando un análisis multidisciplinario ([Amadio y Duarte, 1996](#)). La capacidad de analizar eficazmente una habilidad motora requiere un conocimiento de la naturaleza de dicha habilidad y el propósito que cumple. Sin un entendimiento correcto de la habilidad motora del jugador, los profesores de educación física y los técnicos deportivos pueden tener dificultades en identificar los factores que contribuyen para el adecuado desempeño motor y pueden interpretar mal el movimiento ejecutado ([Graziano, 2008](#)). La biomecánica es ampliamente utilizada en toda clase de deportes, no solo en voleibol, sino por ejemplo en fútbol, los resultados de estudios recientes demuestran que el análisis biomecánico es fundamental para verificar y corregir fallas en

los movimientos que pueden tener relación directa con el desempeño de los jugadores en el remate, buscando así optimizar el desempeño ([Pereira et al., 2019](#)).

En un estudio realizado en el año 2013 se obtuvo como resultado que todas las jugadoras de voleibol presentan errores en las mismas fases del movimiento, tales como: poca flexión de rodilla en la fase de despegue, poca o exagerada extensión del tronco antes del contacto, ausencia de contacto con el balón en su punto más alto, rotación interna de las rodillas al momento de caer, entre otros, lo que evidencia poco énfasis a la hora de aprehender y ejecutar estos movimientos ([Cardona y Román, 2013](#)).

Los diversos estudios realizados en torno a esta temática evidencian que las variables biomecánicas que influyen en los gestos de saque y remate son diversas ([Rodríguez Ruiz, 2010](#); [Shicay, 2018](#); [Portela, Rodríguez y Moreno, 2020](#)); en un estudio reciente se determinó que un aspecto importante, detectado en la técnica del remate, es la diferencia temporal entre el punto en el que alcanzan la máxima altura y el punto del remate ([Rodríguez Ruiz, 2010](#)). Además, el saque se ve afectado por las acciones técnico-tácticas que deba ejecutar en las acciones de juego posteriores que la jugadora realiza en el saque ([Rodríguez Ruiz, 2010](#)). Otro elemento que influye en el gesto deportivo y su efectividad es la zona hacia donde se dirige el saque ([Portela, Rodríguez y Moreno, 2020](#)). Otras variables que han sido estudiadas en el marco de la analítica de datos en gestos deportivos de voleibol son la velocidad de aproximación, la velocidad de la mano y el ángulo del hombro, las mismas han sido medidas de manera eficaz y concreta de tal manera que es claro corregir estas variables en los movimientos desarrollados por los deportistas.

Metodología

La investigación aplicada en este proyecto es una combinación de tipo experimental, descriptivo, analítico, pues la misma, como su nombre

lo indica, comprende la descripción, así como el registro, el análisis y la interpretación de la naturaleza actual y la composición de los fenómenos bajo estudio; en ella, el enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo un individuo, grupo o cosa funciona en el presente ([Tamayo, 2006](#)). En relación con esto, la investigación se enfoca en el análisis de tiempos, trayectorias, velocidades, aceleraciones y ángulos de articulaciones como muñeca, codo, hombro, cadera, rodilla y tobillo, durante la ejecución del saque con salto de los jugadores de voleibol del equipo profesional de la UPTC. Para ello se utiliza el software Kinovea a través del cual es posible enriquecer un video agregándole flechas, descripciones y comentarios, observar dos videos en paralelo sincronizándolos a través de un evento común, o seguir la trayectoria de un punto de interés y medir ángulos; de todo esto se deriva la relevancia de su utilización en este tipo de investigaciones deportivas ([Runco y Lanzarini, 2017](#)).

Algunas consideraciones a tener en cuenta antes de grabar son la perspectiva, la distancia y el uso de trípode; y después de grabar es importante considerar la calibración del espacio, con respecto a este último se tiene que “la unidad del sistema internacional es el metro (m) y en este caso es recomendable utilizar esta unidad cuando calibremos el espacio para medir distancias medias/largas (salto de longitud, zancadas, altura de lanzamientos, etc.)” ([Sánchez, 2018, p. 738](#)).

Fenómeno a estudiar: saque con salto en voleibol

El saque con salto ([Figura 1](#)) es un tipo de saque en voleibol cuyo propósito es incrementar la potencia y, al mismo tiempo, la altura de impacto al golpear el balón, de manera que se dificulte la recepción del mismo por parte del equipo adversario, evitando que este pueda generar un ataque más contundente. En este contexto, para ejecutarlo existen dos formas: carrera previa o en posición estática. En el primer caso, el jugador deberá retroceder más para

tener espacio y de este modo acelerar la carrera y generar el salto. En el segundo caso, el jugador está en posición bípeda y realiza el saque manteniendo una separación de sus pies con la línea de la cancha para no pisarla y cometer falta (Figura 2) (Moriana, s.f.). Asimismo, el gesto técnico debe realizarse de acuerdo con las siguientes fases:



Figura 1. Saque con salto en voleibol

Fuente: elaboración propia

1. Al comenzar se deberá colocar la pelota de voleibol en la mano que no va a golpear, mirando hacia arriba.
2. Se lanza el balón al aire a varios centímetros al frente del jugador.
3. Se realiza una aproximación atacante, balanceando los brazos hacia atrás y luego hacia adelante y arriba mientras se camina hacia el frente con el pie izquierdo, elevando la velocidad del saque.
4. El jugador de voleibol deberá saltar hacia arriba y al frente, asegurándose de estar por detrás de la línea para no cometer falta de saque.
5. Se contacta con la pelota en el punto más alto que se haya alcanzado, y al mismo tiempo se salta para aumentar la incidencia del saque.
6. Por último, se golpea la pelota con la palma de la mano y se continua el movimiento con el resto del brazo (Moriana, s.f.).

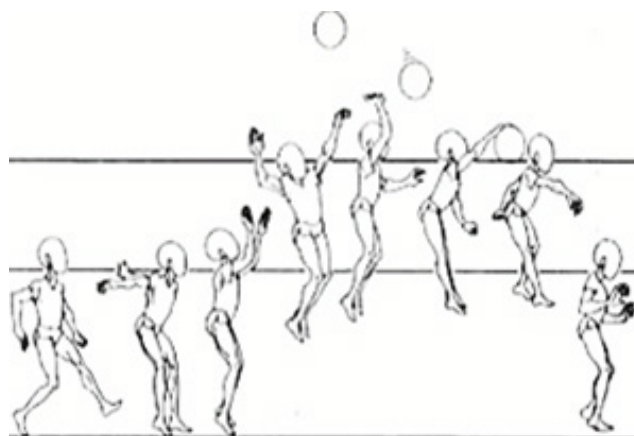


Figura 2. Fases del saque con salto en voleibol
(Tuvoleibol, s.f.)

Población y muestra

La población está representada por ocho jugadores del voleibol de la UPTC, cuatro del equipo femenino y cuatro del masculino. Al ser una población finita y manejable, la misma constituye la totalidad de la muestra a abordar.

Se diseñó un protocolo de medición antropométrica y goniométrica, así como para la grabación del saque con salto de los jugadores, y se socializó con el entrenador del equipo para su realimentación y puesta en marcha.

Se procesaron y analizaron 20 videos de ejecución de saque con salto para cada uno de los jugadores (10 del plano sagital derecho y 10 del plano frontal), para un total de 80 videos de jugadoras del equipo femenino y 80 videos de jugadores del equipo masculino. Para el registro de los mismos se empleó un formato, en el que se recopilaban los tipos de variables a estudiar, los números de ángulos necesarios para cada variable, la configuración de ángulo con signo o antihorario y las opciones de ángulo con signo o antihorario.

Procedimiento

Para el desarrollo de la investigación se llevaron a cabo las siguientes fases:

Fase 1. Sensibilización, firma de consentimientos, toma de medidas antropométricas y videos de gesto deportivo

Para obtener los videos de la biocinemática deportiva de los jugadores de voleibol de la UPTC, inicialmente se procedió a definir los jugadores a evaluar, las variables de estudio que se deseaba estudiar, medir y evaluar en el saque con salto. Luego se diseñaron plantillas para toma de datos generales, medidas antropométricas y goniométricas de los jugadores donde se registraron: nombre, apellidos, sexo, fecha de nacimiento, peso (kg), mano dominante, pie dominante, años de entrenamiento; igualmente se incluyó la medición de la altura y flexo-extensión de tobillo, rodilla, cadera, hombro, codo, muñeca, base del cráneo; y la longitud de pie, pierna, muslo, brazo, antebrazo, mano, base del cráneo, pecho, hombro; perímetro de antebrazo, cadera, cefálico, cintura, metacarpo, metatarso, muslo, pecho, pierna; también se incluyó una foto referencial de cada jugador.

Entre los deportistas del equipo de voleibol de la UPTC seleccionados, se incluyeron jugadores de nivel amateur, intermedio y élite. Se realizó una charla de sensibilización con los jugadores en la que se les explicó el protocolo de análisis de movimiento y los resultados esperados. Se firmaron los consentimientos informados, se registraron los datos generales de cada jugador, se tomaron medidas antropométricas y goniométricas, se tomó registro fotográfico con y sin marcadores anatómicos ([Figura 3](#)).

Igualmente se ubicaron las cámaras de video en posición sagital derecha y frontal ([Figura 4](#)) y se les invitó a realizar su práctica lo más naturalmente posible para no alterar el gesto de estudio.

En la [Tabla 1](#) se observa la configuración del registro y la medición de los ángulos articulares para procesar los videos de saque con salto, en la primera columna se tiene el tipo de articulación a trabajar, en la segunda columna se especifica el número de ángulos que se requiere medir durante la ejecución del gesto deportivo, las tercera, cuarta

y quinta columnas hacen referencia a la configuración de tipo que requiere cada ángulo por variable.



Figura 3. Ubicación de marcadores corporales en los puntos anatómicos de interés

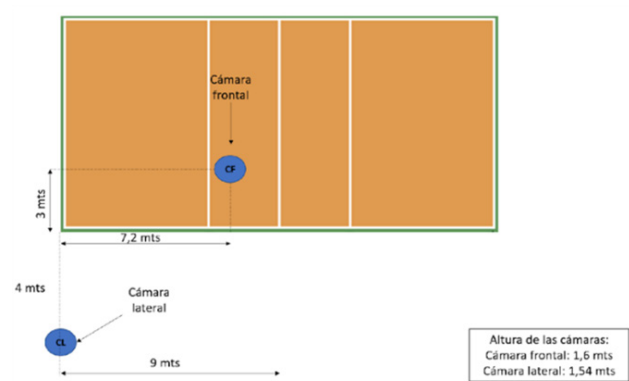


Figura 4. Montaje de cámaras

El denominado “ángulo con signo” es la configuración del ángulo que mide ángulos positivos y negativos con un rango de 180°, mientras que el “antihorario” es la configuración angular que permite medir un ángulo en sentido horario o antihorario, para acceder a la configuración de cada uno de ellos se utilizan las opciones de un menú secundario del software Kinovea.

A continuación, en las [Figuras 5a y 5b](#) se representan las vistas sagital derecha y frontal, respectivamente, de un jugador de voleibol de la UPTC durante la ejecución del saque con salto, para su posterior procesamiento y análisis.

Tabla I. Saque con salto (ángulos)

Saque con salto					
Ángulo	Nº de ángulos	1	2	3	Tipo
Muñeca	1				Ángulo con signo
		X			Antihorario
Codo	3				Ángulo con signo
			X		Antihorario
Hombro	2	X			Ángulo con signo
		X	X		Antihorario
Cadera	1				Ángulo con signo
					Antihorario
Rodilla	1				Ángulo con signo
		X			Antihorario
Tobillo	1				Ángulo con signo
					Antihorario

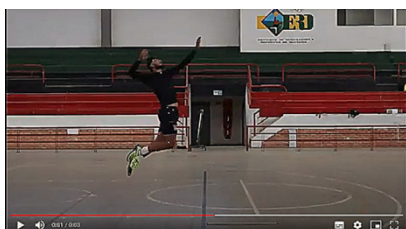


Figura 5a. Videos de saque con salto (vista sagital derecha)

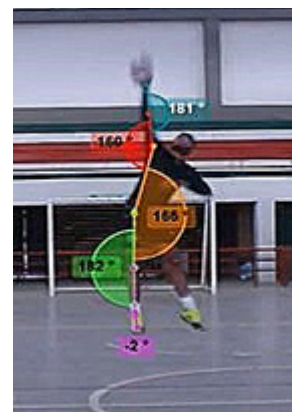


Figura 5b. Videos de saque con salto (vista frontal)

Fuente: elaboración propia

El denominado “ángulo con signo” es la configuración del ángulo que mide ángulos positivos y negativos con un rango de 180°, mientras que el “antihorario” es la configuración angular que permite medir un ángulo en sentido horario o antihorario, para acceder a la configuración de cada uno de ellos se utilizan las opciones de un menú secundario del software Kinovea.

A continuación, en las [Figuras 5a y 5b](#) se representan las vistas sagital derecha y frontal,

respectivamente, de un jugador de voleibol de la UPTC durante la ejecución del saque con salto, para su posterior procesamiento y análisis.

Fase 2. Preprocesamiento de datos y multimedia

Los videos del gesto deportivo de los jugadores se importaron en el software Kinovea 0.9.3 con el que se realizó un preprocesamiento por cada deportista, en el plano sagital y frontal, con el fin de

delimitar los fotogramas correspondientes a las fases del saque con salto, para el posterior procesamiento de las variables cinemáticas (Figura 6) (Kinovea, s.f.).

De cada video de cada jugador se generaron las curvas de trayectorias, velocidades y aceleraciones de cada uno de los marcadores anatómicos (Figura 6) a lo largo del 100 % del saque con salto, así como las curvas de los movimientos angulares de articulaciones (hombro, codo, muñeca, cadera, rodilla, tobillo) que son de interés para la investigación.

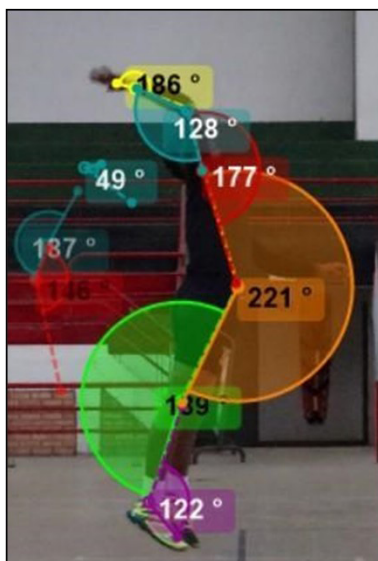


Figura 6. Ángulos medidos en el software Kinovea 0.9.3 a través de los marcadores corporales colocados en los jugadores de voleibol

Fuente: elaboración propia

Fase 3. Indexación de datos y multimedia

Se procedió a ordenar y estructurar los datos según tipología, relaciones y otras variables, tales como: movimientos angulares específicos, trayectoria de ciertos puntos articulares de interés, rangos de movimiento articular, valores máximos y mínimos, entre otros, para realizar un análisis y una evaluación exhaustiva de los gestos deportivos de los deportistas que forman parte de la muestra de estudio. Luego se

procedió a verificar que no existía duplicidad de información, es decir, que no se insertaran al software de análisis (Kinovea 0.9.3) videos repetidos que alteraran los resultados arrojados por el estudio.

Fase 4. Generación de curvas cinemáticas

Luego de realizar el ordenamiento, la clasificación y el procesamiento de los videos en el software de análisis a través de los marcadores corporales colocados en los jugadores de voleibol, a saber: **codo** (tres ángulos medidos), **hombro** (dos ángulos medidos), **rodilla** (un ángulo medido), **muñeca** (un ángulo medido), de análisis (un ángulo medido) y **cadera** (un ángulo medido), se generaron curvas promedio de cada jugador y de cada grupo poblacional (femenino y masculino), las cuales, junto con los videos, son los insumos cualitativos y cuantitativos de entrenadores y deportistas para el diseño de estrategias de mejoramiento de la técnica del gesto deportivo de saque con salto analizado en el presente estudio.

Resultados

Luego del preprocesamiento y tratamiento de datos y archivos multimedia, usando las diversas herramientas del software Kinovea 0.9.3, fue posible generar curvas de movimientos angulares, velocidades y aceleraciones de puntos anatómicos de los deportistas (Figuras 7a, 7b, 8a, 8b y 9) en cada uno de los eventos (cada saque), y también se pudieron generar las curvas promediadas de cada jugador y de los grupos poblacionales (femenino y masculino), permitiendo con ello generar el análisis que se detalla a continuación.

El análisis de las Figuras 7a y 7b demuestra que en una de las jugadoras femeninas, la velocidad lineal de cadera ascendió a 2,2 m/s, y la del codo alcanzó los 3,4 m/s.

Como se evidencia en las Figuras 8a y 8b, para una de las jugadoras femeninas, las curvas de movimiento angular reflejaron los siguientes valores para cada uno de los marcadores corporales evaluados: cadera 235 ° y codo 205 °.

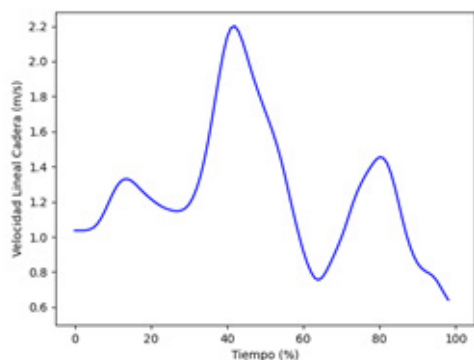


Figura 7a. Curvas de velocidad lineal cadera (jugadora femenina)

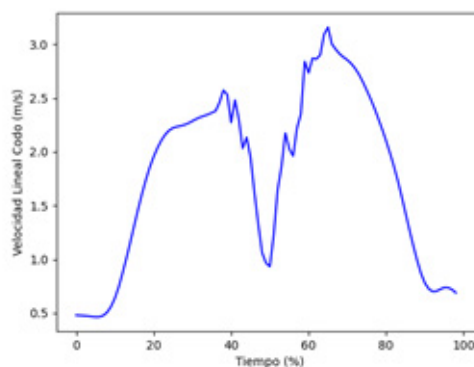


Figura 7b. Curvas de velocidad lineal codo (jugadora femenina)

Fuente: elaboración propia

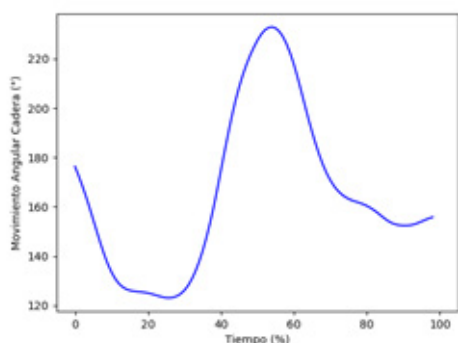


Figura 8a. Curvas de movimiento angular cadera (jugadora femenina)

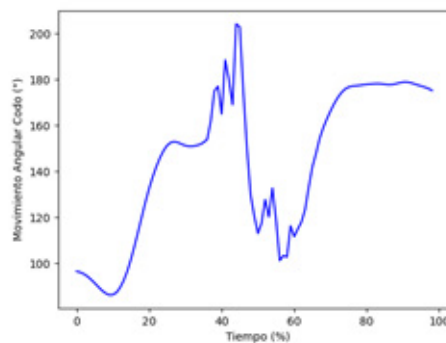


Figura 8b. Curvas de movimiento angular codo (jugadora femenina)

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, a través del seguimiento y procesamiento matemático de las coordenadas de los marcadores corporales colocados en los jugadores de voleibol, se generaron curvas cinemáticas de los movimientos angulares articulares de hombro, codo, muñeca, cadera, rodilla y tobillo en el plano sagital derecho. Estas curvas se generaron para cada evento (cada saque), posteriormente se generaron las curvas de movimientos angulares promedio de cada deportista y finalmente las curvas promedio de los grupos poblacionales (femenino y masculino).

En la [Figura 9](#) se muestra un escenario de graficación de ángulos tomados a partir de los análisis de video realizados en el software Kinovea durante

la ejecución del saque con salto, en ella se representan los ángulos vs el tiempo. Tal como puede apreciarse, la mayor variación en los ángulos medidos estuvo presente en los marcadores corporales de hombro, cadera y codo, el resto de ángulos en los demás marcadores corporales mostraron regularidad en los valores registrados.

De las [Figuras 10a y 10b](#) se analiza que, para el grupo poblacional masculino, las curvas de movimientos angulares promedio para cada marcador corporal evaluado fueron: cadera 220° y codo 199°.

En las [Figuras 11a y 11b](#) se observa que el promedio de las curvas de velocidad angular en la población masculina fue: cadera 380°/s y codo 780°/s.

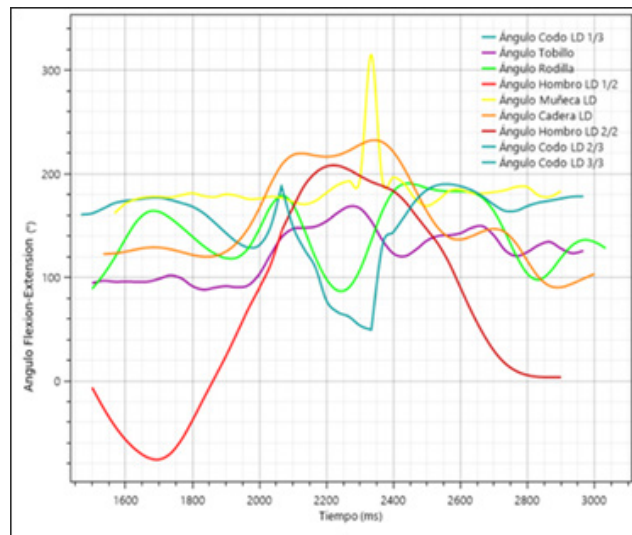


Figura 9. Curvas de movimientos angulares individuales
Fuente: elaboración propia

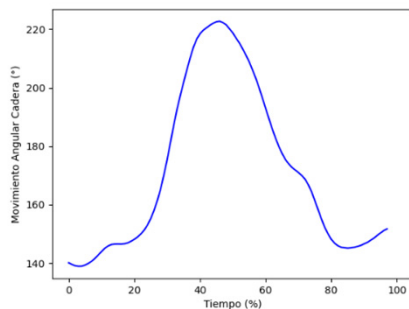


Figura 10a. Curvas de movimientos angulares cadera promedio del grupo poblacional masculino (plano sagital derecho)

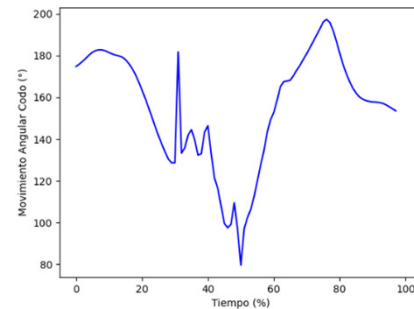


Figura 10b. Curvas de movimientos angulares codo promedio del grupo poblacional masculino (plano sagital derecho)

Fuente: elaboración propia

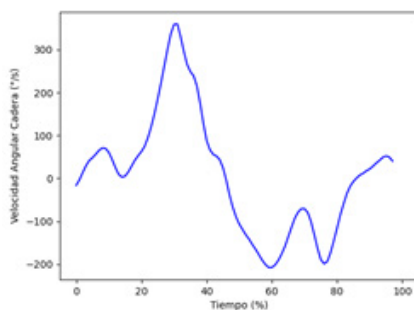


Figura 11a. Curvas de velocidad angular cadera promedio del plano sagital derecho en población masculina

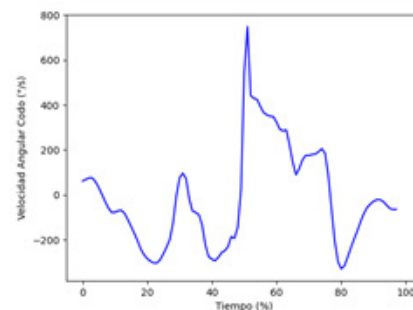


Figura 11b. Curvas de velocidad angular codo promedio del plano sagital derecho en población masculina

Fuente: elaboración propia

Con relación a las [Figuras 12a y 12b](#), para el grupo poblacional femenino, los promedios de velocidades lineales presentaron los siguientes valores ([Tabla II](#)) en función de cada marcador corporal.

En cuanto a la velocidad lineal, se obtuvo que el promedio fue 3,0 m/s en el grupo poblacional femenino. En relación con esto, en un estudio previo ([Ajesh y Monoj, 2017](#)) se obtuvo que en el saque con salto del jugador de voleibol la distancia de la carrera de aproximación de los atletas adultos es de $3,37 \pm 0,32$ m/s y los jugadores de iniciación fueron de $2,79 \pm 0,73$ a $3,47 \pm 0,66$ m. En comparación con los resultados obtenidos en la presente investigación, se observa que la velocidad lineal de las participantes femeninas fue menor que la registrada en la literatura.

Los mismos autores identificaron una velocidad horizontal de la carrera de aproximación de $2,77 \pm 0,57$ m/s para adultos y de $2,58 \pm 0,56$ a $2,69 \pm 0,60$ m/s para jugadores de iniciación. Con relación al tema abordado, en otra investigación ([Mechanni, 2012](#)), se obtuvo que la preparación para el golpe en la bola de ataque tuvo una velocidad lineal de 2,79 m/s y el golpe en el balón se realizó con una velocidad lineal de 1,52 m/s.

En un estudio enfocado en analizar la biomecánica de las extremidades superiores durante el saque y remate de voleibol ([Reeser et al., 2010](#)), se obtuvo que las fuerzas, los torques y las velocidades angulares en el hombro y el codo fueron las más bajas para el saque flotante y las segundas más bajas para el saque con salto. No se detectaron

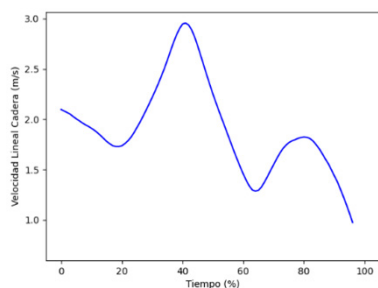


Figura 12a. Curvas de velocidad lineal cadera promedio del grupo poblacional femenino

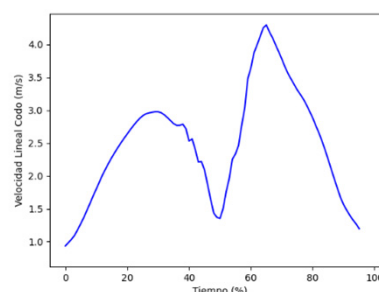


Figura 12b. Curvas de velocidad lineal codo promedio del grupo poblacional femenino

Fuente: elaboración propia

Tabla II. Promedios de velocidades lineales grupo poblacional femenino

Marcador corporal	Valores promedio (m/s)
Hombro	2,4
Tobillo	4,5
Cadera	3,0
Codo	4,7
Muñeca	12,8
Rodilla	2,8

Fuente: elaboración propia

diferencias entre los remates cruzados y los directos. Aunque no hubo un número suficiente de participantes para analizar estadísticamente el saque en salto, los datos de este parecen ser similares a los de los remates cruzados y de cabeza, de cuerpo cruzado y de cabeza recta. La abducción del hombro en el momento del contacto con el balón fue de aproximadamente 130° para todas las habilidades, lo que es sustancialmente mayor que la reportada previamente para las atletas que realizan saques de tenis o lanzamientos de béisbol. Con relación al presente estudio, el remate con saque con salto presentó velocidades angulares similares en todos los participantes

En este estudio, de los valores obtenidos para el grupo poblacional femenino, los promedios de velocidad angular fueron: hombro $2,58$, tobillo $15,17$, cadera $18,79$, codo $-12,95$, rodilla $55,50$, muñeca $-5,29$, y para el grupo poblacional masculino, los valores promedio de velocidad angular fueron: tobillo $10,42$, rodilla $4,21$, cadera $7,75$, hombro $33,21$, codo $-14,44$, muñeca $6,93$. En relación con lo anterior, en otra investigación ([Hussain, Khan y Mohammad, 2012](#)), enfocada en comparar los parámetros biomecánicos seleccionados del servicio de saque con salto entre jugadores de voleibol de nivel interuniversitario e intercolegial, se seleccionaron como sujetos para este estudio doce jugadores de voleibol masculinos (seis de nivel interuniversitario y seis de nivel intercolegial), se analizaron los ángulos de tobillo, rodilla, cadera, hombro, codo y muñeca. Se utilizó la prueba t para análisis estadístico de los datos mediante el software SPSS-18. Los resultados revelaron que no hay diferencias significativas entre los jugadores de voleibol masculinos de nivel interuniversitario e intercolegial en el rendimiento del saque.

En otra investigación ([Coleman, 1993](#)) se obtuvo que la velocidad angular del brazo durante el saque con la velocidad lineal de la pelota atacada tuvo una correlación de Pearson de $0,75$ con diferencia estadística ($p \leq 0,01$). Después de golpear la pelota de ataque, este implemento alcanzó una

velocidad lineal de $19,2 \pm 0,6$ a $31,2 \pm 1,1$ m/s para los hombres, $15,97 \pm 2,36$ a $22,19 \pm 2,54$ m/s para mujeres y $20,02 \pm 1,72$ a $22,82 \pm 1,12$ m/s para iniciación [24].

A manera de cierre, destaca que través del uso de Kinovea, los entrenadores pueden contar “con una aplicación capaz de reproducir y analizar videos deportivos, facilitando el registro correspondiente y asistiéndolo en la corrección de acciones hacia el deportista” ([Runco y Lanzarini, 2017, p. 123](#)). Asimismo se destaca que este tipo de herramientas “son sumamente utilizadas en el mercado laboral y serán de gran utilidad para los profesionales del deporte” ([Runco y Lanzarini, 2017, p. 123](#)), de allí la relevancia de su utilización.

Adicional a este estudio se realizó el análisis exploratorio de datos de las variables, análisis factorial realizado a partir de los datos obtenidos en la matriz de correlación de la [Figura 13](#). Se observa que los ángulos de los puntos articulares ubicados en el brazo del jugador presentan una relación directa con la efectividad. Así mismo, la correlación entre el ángulo final del codo y las velocidades lineales de hombro, cadera y rodilla evidencian ser atributos inversamente proporcionales; a diferencia de la correlación directamente proporcional entre los anteriores atributos y la variable dependiente de efectividad.

De otro lado, se evidencia que la correlación entre las velocidades lineales de hombro cadera y rodilla es directamente proporcional; lo que determina que el aumento de la velocidad de alguna de ellas puede afectar su comportamiento frente a las otras variables. Otro escenario representativo que refleja el análisis factorial se da respecto al comportamiento de velocidad lineal de la muñeca, la cual no muestra una tendencia de creación de grupos homogénea con la velocidad lineal del tobillo.

En la [Figura 14](#) se visualiza una diferencia en la efectividad entre el jugador que pesa más de 85 kg con 13 años de experiencia, el cual presentó una efectividad de anotación baja, siendo un poco mayor al 60% , por otro lado, el jugador que pesa 57 kg y con 5 años de experiencia evidencia un alto

porcentaje de efectividad en la anotación de golpes dentro del área del equipo opuesto.

Desde otro punto de vista, se puede analizar que los jugadores cuyo peso oscila entre los 60 y 65 kg, con 12 años de experiencia tienen una efectividad

entre el 80 y 90 %, mientras que los jugadores que pesan entre 80 y 85 kg, pese a tener los mismos años de experiencia, presentan una efectividad que ronda el 60 %, siendo esto no tan bueno para la anotación de los puntos a favor en el partido.

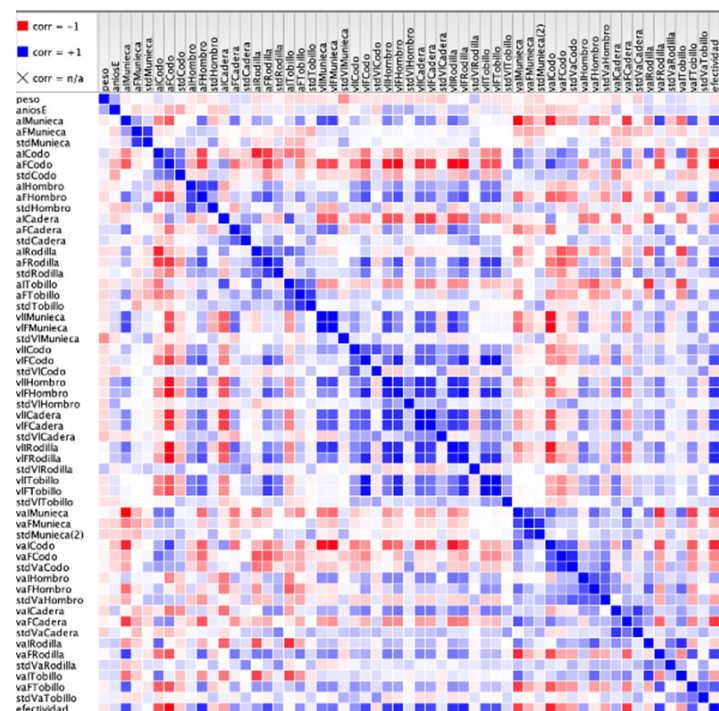


Figura 13. Matriz de correlación

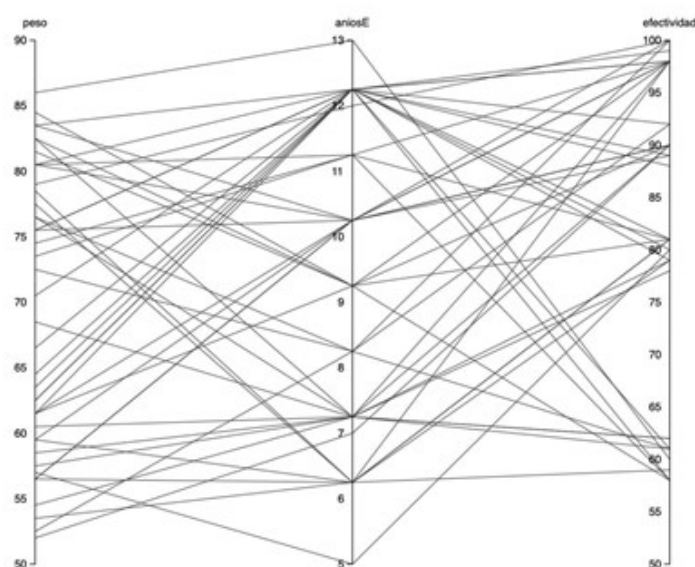


Figura 14. Gráfico de coordenadas paralelas

En la [Figura 15](#), para la variable velocidad angular inicial del hombro (vaIHombro), se puede observar que el primer cuartil de la información presenta una velocidad angular inicial del hombro más dispersa que el cuarto cuartil. Por otro lado, en el segundo cuartil la velocidad angular fue más homogénea, teniendo así una asimetría positiva o sesgada a la derecha, pues la parte más larga de la caja presenta un desfase con respecto a la mediana. Esto nos indica que los datos se concentran en la parte inferior de la distribución y la media es mayor que la mediana.

Por otro lado, se puede analizar que para la variable velocidad angular final del hombro (vaFHombro), la población se comportó de manera muy heterogénea, en los cuatro cuartiles.

Respecto a la variable velocidad angular inicial de la cadera, se puede observar que el tercer cuartil o el 75 % de la población tuvo valores de velocidad angular inicial similares, indicando así que existe una asimetría negativa o sesgada a la izquierda, debido a que la mediana se encuentra

desplazada respecto a la media. La mayoría de los datos se concentra en la parte superior de la distribución.

En relación con la variable velocidad angular final de la cadera (vaFCadera), en el último cuartil se observa que se encuentra la información dispersa y el 50 % de la población se encuentra muy homogénea; por otro lado, cabe la posibilidad de que al tener un 75 % de la población con valores no tan dispersos, esta sea una variable que indique un posible error en la ejecución del gesto de saque con salto.

Finalmente, analizando la variable “class” de la [Figura 16](#), que hace referencia a la efectividad presentada por los jugadores, se puede observar que el primer cuartil de la población presenta una dispersión similar al 75 % restante, así mismo, este 75 % de la población presentó una efectividad mayor al 75 %. También se ve que el último cuartil presenta homogeneidad entre los integrantes.

Por otra parte, la media se encuentra en sincronía con la mediana de la población.

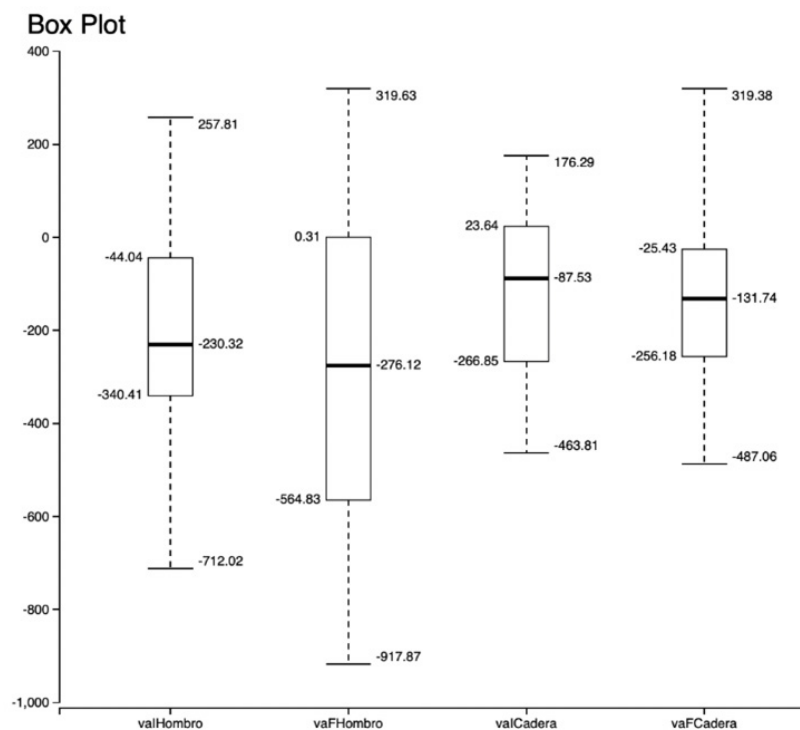


Figura 15. Gráfico de cajas y bigotes

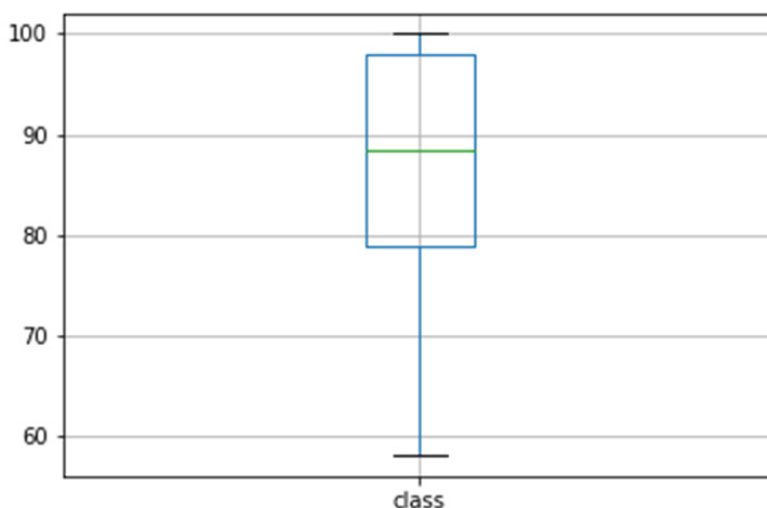


Figura 16. Efectividad en gráfico de cajas y bigotes

Conclusiones

A través de la investigación realizada se demostró que existe una serie de variables y eventos biocinemáticos como lo son los ángulos de las articulaciones, las velocidades angulares, lineales, entre otros, que al tenerse en cuenta en los entrenamientos mejorarán considerablemente la ejecución del gesto deportivo. Dichos eventos y variables se obtienen a través de la técnica de videometría, mediante la cual pueden determinarse, analizarse y evaluarse datos a partir de analítica descriptiva y predictiva, para identificar posibles fallas en la ejecución del gesto deportivo de los jugadores de voleibol de la UPTC.

Se encontró que el movimiento del codo, que es fundamental en el saque con salto, requiere de la medición de tres ángulos en un mismo gesto, debido a que en el momento de la preparación para el golpe de la pelota se genera rotación en las extremidades superiores, dada la naturaleza del movimiento del tren superior, comprendido por hombro, codo y muñeca. Si se analiza desde el plano lateral cambia la perspectiva visual del ángulo y en cierto punto el software mediría el ángulo conjugado, lo que cambia la perspectiva visual del ángulo, el software también mediría el ángulo complementario, de manera que se continúa el

procesamiento a partir de ese punto con otro ángulo y una configuración diferente, ya sea sentido antihorario o ángulo con signo. De no hacer este ajuste, se tendría una lectura equivocada y discontinua de este movimiento.

Con relación a las velocidades angulares, se obtuvo que los promedios del grupo poblacional masculino fueron mayores en comparación con los femeninos en los marcadores corporales de hombro y codo, debido al mayor impulso (potencia) de los jugadores masculinos al momento de ejecutar el movimiento. En líneas generales, los valores de velocidades y aceleraciones de puntos de interés entre hombres y mujeres fueron mayores en el grupo poblacional masculino. Por otro lado, se evidenció que la velocidad lineal de las participantes femeninas fue menor en comparación con las registradas en estudios previos, esto puede deberse a falta de potencia al momento de ejecutar el gesto.

Con relación a las tendencias de las curvas de movimientos angulares, los valores se mantuvieron relativamente constantes para cada grupo poblacional. Con respecto a la coherencia de los valores de flexión y extensión de hombro, tobillo, codo, muñeca, durante la ejecución del gesto deportivo (saque con salto), se encontraron dentro de los parámetros normales en cada una de las fases del saque con salto.

En algunos de los estudios realizados se ha determinado que el entorno del jugador influye mucho en la ejecución del gesto técnico, otro punto a tomar en cuenta es la calidad de los balones que utilizan: los equipos profesionales cuentan con balones de alta gama, lo que ayuda al buen desarrollo del jugador en la parte técnica; en cambio, los equipos amateurs usualmente disponen de balones, en su mayoría, no de la mejor calidad, lo que sin duda alguna perjudica en el rendimiento y ejecución del gesto (Quilachamin, Torres y Coral, 2018).

Por lo anterior, se considera importante realizar estudios comparativos que permitan analizar los ángulos y las trayectorias de los gestos deportivos de los jugadores de voleibol de la UPTC profesionales y amateurs, para tener una visión más amplia de la biomecánica de los gestos deportivos. Además, a través de las observaciones realizadas, con los resultados obtenidos mediante el análisis biomecánico realizado a los videos de los deportistas analizados, se busca sentar las bases para una posterior preparación de datos e implementación del modelo analítico descriptivo y predictivo, que brindará a los entrenadores de los equipos de voleibol de la UPTC una fuente de información guía para atender las fallas en la técnica y la ejecución del gesto deportivo del saque con salto en los jugadores de voleibol, y poder generar estrategias correctivas que mejoren su ejecución.

Referencias

- Ajesh, C., Monoj, T. (2017). A comparative study on selected kinematic variables of jump serve of national level male volleyball players. *International Journal in Mangement and Social Science*, 5(7), 33-39
- Amadio, A., Duarte, M. (1996). *Fundamentos biomecánicos para a análise do movimento humano*. São Paulo: Laboratório de Biomecânica da USP
- Amadio, C., Serrao, J., Costa, P., Sacco, I., Araujo, R., Mochizuki, L., Duarte, M. (1999). Introdução à biomecânica para análise do movimento humano: descrição e aplicação dos métodos de medição. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 3(2), 41-54
- Bermejo, J., Palao, J. (2012). El uso de la videografía y software de análisis del movimiento para el estudio de la técnica deportiva. *EFDeportes.com, Revista Digital*, 17(169). <https://www.efdeportes.com/efd169/software-de-analisis-de-la-tecnica-deportiva.htm>
- Cardona, O., Román, Y. (2013). *Análisis biomecánico de la ejecución técnica del gesto remate en el equipo menores femenino perteneciente a la Liga Risaraldense de voleibol 2012* (Tesis de Especialización). Pereira: Universidad Libre Seccional Pereira. <https://repository.unilivre.edu.co/handle/10901/16081>
- Coleman, S. (1993). A three-dimensional analysis of the volleyball spike. *Journal of Sports Sciences*, 11(4), 295-302. <https://doi.org/10.1080/02640419308729999>
- Estrada, Y. (2018). *Biomecánica: de la física mecánica al análisis de gestos deportivos*. Bogotá: Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12464/Obracompleta.2018Estradayisel.pdf>
- Garrido, J., Cabezas, J., da Silva, M., Mialdea, A., González, C. (2017). Caracterización cinemática 3D del gesto técnico del remate en jugadoras de voleibol. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 10(2), 69-73. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2016.02.011>
- Graziano, A. (2008). *Biomecânica: fundamentos e aplicações na Educação física escolar*. Porto (Portugal): Educa
- Hussain, I., Khan, A., Mohammad, A. (2012). A comparison of selected biomechanical parameters of spike serves between intervarsity and intercollegiate volleyball players. *Journal of Education and Practice*, 2(2), 1-7
- Kinovea. (s.f.). *Descripción de la interfaz gráfica*
- Mehanni, A. (2012). Kinematic analysis of run-ning up and strike stages of overwhelming strike skill at beach volleyball games as a standard to selected the striker. *World Journal of Sports Sciences*, 6(2), 157-161
- Moriana, J. (s.f.). El saque en voleibol, una técnica imprescindible en este deporte. *Medac Instituto Oficial de Formación Profesional*. <https://medac.es/blogs/deporte/saque-en-voleibol-tecnica-imprescindible-en-deporte>

- Palao, J., Hernández, E. (2012). *Formas de utilización de la estadística en voleibol. Estudio sobre Superliga Masculina y Femenina (Temporada 2006-2007)*. Murcia: Universidad Católica de San Antonio
- Pereira, J., Contieri, O., Cavalcanti, I., Tonizza, C. (2019). La importancia del análisis biomecánico del remate con el pie en el fútbol. Un estudio de caso. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 24(251), 81-92
- Portela, Y., Rodríguez, E., Moreno, R. (2020). El saque como elemento técnico en el voleibol universitario. *Revista Cultura Física y Deportes de Guantánamo*, 10(19), e338
- Quilachamin, O., Torres, M., Coral, E. (2017). Diferencias biomecánicas del tiro libre en el fútbol entre jugadores del club Jit y Atahualpa. *Ciencia Latina. Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 4520-4538. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.635
- Reeser, J., Fleisig, G., Bolt, B., Ruan, M. (2010). Upper limb biomechanics during the volleyball serve and spike. *Sports Health*, 2(5), 368-374. <https://doi.org/10.1177/1941738110374624>
- Rodríguez Rodríguez, B., Monroy Antón, A. (2013). La técnica y la táctica en el voleibol. *EFDeportes.com, Revista Digital*, 18(183). <https://www.efdeportes.com/efd183/la-tecnica-y-la-tactica-en-el-voleibol.htm>
- Rodríguez Ruiz, D. (2010). Estudio de las variables de juego que afectan al rendimiento del saque en el voleibol femenino de alto nivel. *Alto Rendimiento: ciencia deportiva, entrenamiento y fitness*. <http://altorendimiento.com/estudio-de-las-variables-de-juego-que-afectan-al-rendimiento-del-saque-en-el-voleibol-femenino-de-alto-nivel/>
- Runco, A., Lanzarini, L. (2017). Herramientas de software aplicadas a la educación física. Objeto de aprendizaje Kinovea. *XII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET, La Matanza 2017)*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/63374>
- Sánchez, A. (2018). El uso del kinovea para el análisis biomecánico desde una perspectiva cuantitativa. *Trances: Revista de Transmisión del Conocimiento Educativo y de la Salud*, 10(6), 725-738.
- Santafé, Y., Muñoz, L., Mendoza, L. (2016). Análisis biomecánico del gesto técnico en barras paralelas en la gimnasia olímpica. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(27), 73-79. <https://doi.org/10.24054/16927257.v27.n27.2016.2539>
- Shicay, F. (2018). *Aplicación de la biomécanica en el análisis de la técnica del remate en el voleibol* (Trabajo de grado). Cuenca (Ecuador): Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15728/1/UPS-CT007715.pdf>
- Stuart, W. (2012). Biomecánica aplicada al deporte: contribuciones, perspectivas y desafíos. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 17(170). <https://www.efdeportes.com/efd170/biomecanica-aplicada-al-deporte.htm>
- Tamayo, M. (2006). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa.
- Texeira, C., & Mota, C. (2007). A biomecânica e a Educação Física. *EFDeportes.com, Revista Digital*, 12(113). <https://www.efdeportes.com/efd113/a-biomecanica-e-a-educacao-fisica.htm>
- Tuvoleibol. (s.f.). *Fundamentos técnicos del voleibol*. <https://tuvoleibol.com/fundamentos-tecnicos-del-voleibol/>
- Ureña, A. (s.f.). La técnica - primera parte conceptos y tratamiento metodológico. *Artículos técnicos de Voleibol RFEVB*.

